Sammlung populärer Schriften
herausgegeben von der Gesellschaft Urania zu Berlin.
No. 50.

Telegraphie ohne Draht.

Von

Dr. P. Spies
in Berlin.

Mit Illustrationen.



BERLIN.
Verlag von Hermann Paetel.
1898.

Preis 80 Pf.

In der Sammlung populärer Schriften

herausgegeben von der Gesellschaft Urania zu Berlin

sind bereits erschienen:

1. **Von der Erde bis zum Monde.** (Vergriffen!) Ein astronomischer Gedankenausflug. Von **Dr. M. Wilh. Meyer.** 28 Seiten. Preis 60 Pf.

2. **Die Geschichte der Urwelt.** Eine Wanderung durch vorsintfluthliche Landschaften. Von **Dr. M. Wilh. Meyer.** Mit Illustrationen. 36 Seiten. Preis 60 Pf.

3. **Die Werke des Wassers.** (Vergriffen!) Betrachtet auf einer Nordlandfahrt. Von **Dr. M. Wilh. Meyer.** Mit Illustrationen. 61 Seiten. Preis 80 Pf.

4. **Die Kinder der Sonne.** (Vergriffen!) Eine Reise zu anderen Erdsternen. Von **Dr. M. Wilh. Meyer.** Mit Illustrationen. 48 Seiten. Preis 80 Pf.

5. **Die Urania zu Berlin.** Bericht des Directors **Dr. M. Wilh. Meyer.** Mit Illustrationen. 32 Seiten. Preis 60 Pf.

6. **Die Erscheinungen der Gletscherwelt.** (Vergriffen!) Vortrag von **Dr. P. Schwahn.** Mit Illustrationen. 27 Seiten. Preis 60 Pf.

7. **Wellen und Strahlen** in ihrer Bedeutung für die neuere Naturforschung und mit besonderer Berücksichtigung der Versuche über elektrische Strahlungen. Von **Dr. Paul Spies.** 2. Auflage. Mit Illustrationen. 25 Seiten. Preis 60 Pf.

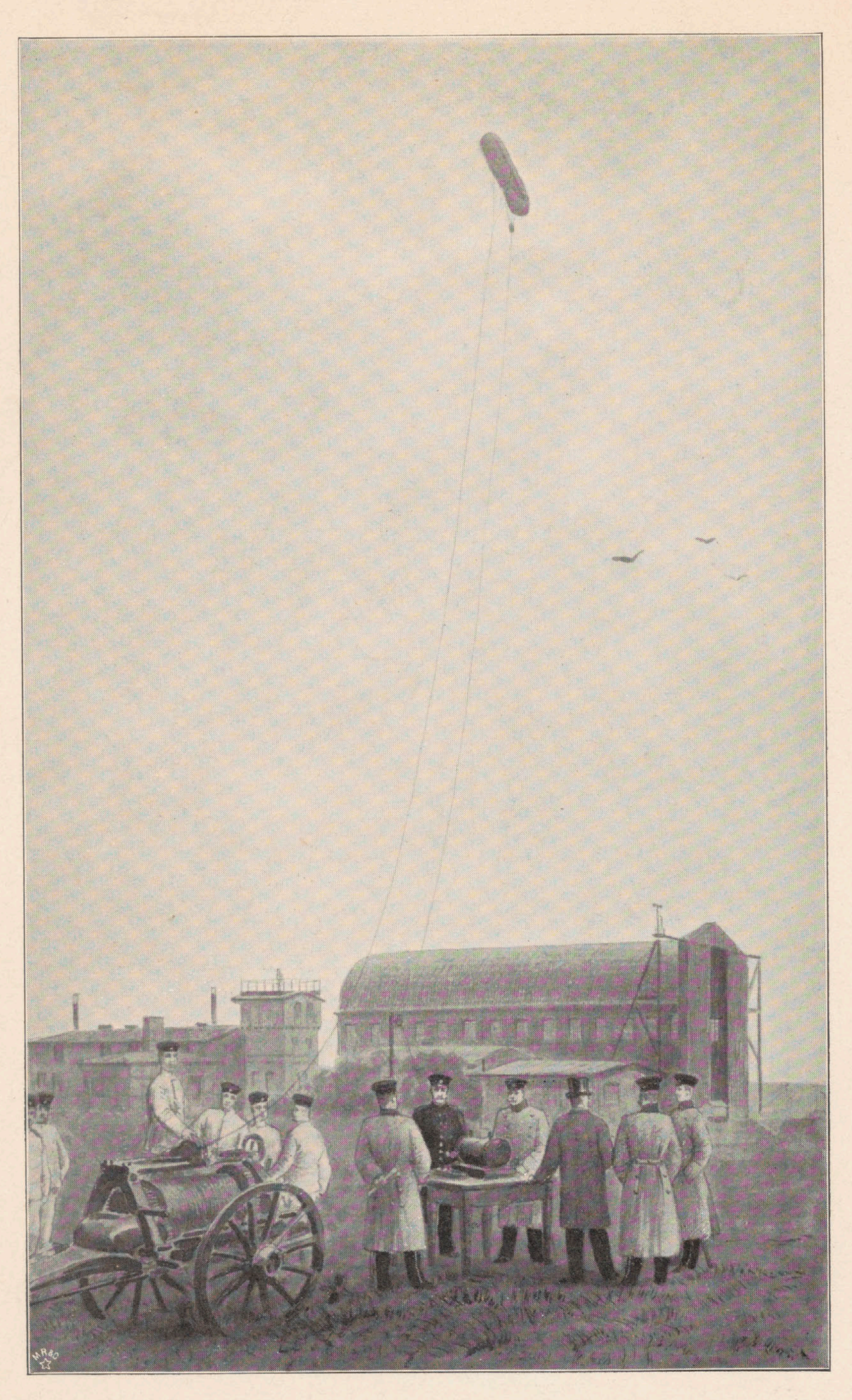
8. **Meteorologische Volksbücher.** Ein Beitrag zur Geschichte der Meteorologie und zur Kulturgeschichte. Von **Prof. Dr. G. Hellmann.** 2. verbesserte und vermehrte Auflage. Mit Illustrationen. 53 Seiten. Preis 1 Mark.

9. **Das Antlitz der Erde.** Geschildert auf einer Reise durch zwei Welten von **Dr. M. Wilh. Meyer** und **Dr. P. Schwahn.** 43 Seiten. Preis 80 Pf.

10. **Falbs kritische Tage.** Von **Prof. Dr. J. M. Pernter.** 40 Seiten. Preis 80 Pf.

11. **Der hohe Sonnblick.** Die höchste meteorologische Station. Von **Dr. Heinrich Samter.** Mit Illustrationen. 35 Seiten. Preis 60 Pf.

12. **Illustrierter Leitfaden durch die Astronomie, Physik und Mikroskopie in Form eines Führers durch die Urania zu Berlin.** Unter Mitwirkung von **Dr. F. Körber, Prof. Dr. W. Preyer, Dr. P. Schwahn** und **Dr. P. Spies.** Herausgegeben von **Dr. M. Wilh. Meyer.** Preis 2 Mark.



Telegraphie ohne Draht.
Versuche mittels Fesselballons der Militärluftschiffer-Abteilung zu Schöneberg bei Berlin.

Sammlung populärer Schriften

herausgegeben von der Gesellschaft Urania zu Berlin.

No. 50.

Telegraphie ohne Draht.

Von

Dr. P. Spies
in Berlin.

Mit Illustrationen.



BERLIN.
Verlag von Hermann Paetel.
1898.

(Sonderabdruck aus der illustrierten naturwissenschaftlichen Monatsschrift „Himmel und Erde" X. Jahrgang, 3. Heft.)



Die praktische Einführung der Telegraphie mit Hilfe von Drähten ist etwa ein halbes Jahrhundert alt — im Jahre 1843 wurde zwischen Washington und Baltimore die erste Linie mit Morseapparaten in Betrieb gesetzt, 1847 konstruierte Werner Siemens seinen Zeigertelegraphen — und es giebt deshalb heute nicht mehr allzuviel Leute, welche die Einführung dieser Erfindung unter voller Würdigung ihrer Tragweite mit erlebt haben. Man geht wohl nicht fehl in der Annahme, dafs damals zum ersten Male auch weitere Kreise einen starken Eindruck von jenem geheimnisvollen Vorgange gewannen, der in der Fortpflanzung elektrischer Wirkungen mit Hilfe eines Drahtes besteht. Dieser Draht selbst liegt unbeweglich und scheinbar tot da; aber kaum werden an seinem einen Ende gewisse Manipulationen vorgenommen und ihm gewisse Zeichen übermittelt, so beginnt mit Blitzesschnelle auch das andere, vielleicht Hunderte von Meilen entfernte Ende sich zu bethätigen, und ein dort aufgestellter Apparat wiederholt getreulich, was wir hier aufgegeben haben! Diese Erscheinung des sogenannten elektrischen Stromes ist zwar heut zu Tage für unsere Vorstellung recht geläufig geworden, und ihre Gesetze sind uns verhältnismäfsig lange und genau bekannt; keineswegs aber gilt das Gleiche von ihrem eigentlichen Wesen.

Mit der Telegraphie ohne Draht scheint es fast günstiger zu stehen. Dafs sich gewisse Wirkungen, vornehmlich solche, welche auf Schwingungen beruhen, wie Schall, Wärme, Licht, in freien Strahlen ausbreiten, wissen wir längst; warum sollte es nicht auf dem Gebiete der Elektrizität ähnliche Erscheinungsformen geben? Nun,

dafs es elektrische Schwingungen giebt, wissen wir seit mehreren Jahrzehnten, und seit den berühmten Versuchen von Heinrich Hertz wissen wir auch, dafs sich diese Schwingungen ebenso ausbreiten wie diejenigen der soeben erwähnten Naturerscheinungen. Eben diese Schwingungen sind auch das Agens, welches Marconi bei seinen Versuchen benutzt. Bevor wir aber der Frage näher treten, wie die elektrischen Schwingungen entstehen, wie sie sich ausbreiten, und wie sie sich ohne Zuhilfenahme von Drähten nach einem bestimmten Punkte dirigieren lassen, wollen wir eine andere Methode, mittelst deren man das Ziel, ohne Draht zu telegraphieren, schon vor einiger Zeit in gewissem Grade erreicht hat, an der Hand eines Versuches erläutern.

Es handelt sich um die Versuche, welche die Herren Rathenau und Rubens im Jahre 1894 auf dem Wannsee bei Potsdam angestellt haben, und bei denen sie das Wasser dieses Sees zur Übermittelung telegraphischer Zeichen benutzten.[1]) Ein mit Stanniol beklebter Schirm von etwa 4 qm Gröfse kann zu einer Nachahmung jenes Verfahrens dienen; er läfst sich im Sinne elektrischer Eigenschaften mit einem See vergleichen, insofern er einen leitenden Körper darstellt, welcher nicht ein Draht ist, sondern sich nach mehreren Dimensionen erstreckt. Wenn wir von dem einen Ufer des Sees aus zwei Metallplatten E P (Fig. 1) in das Wasser versenken (bezw. auf dem Stanniolschirm zwei Metallklammern am Rande fest klemmen) und mit Hilfe einer starken Batterie A B von dem einen dieser Punkte nach dem anderen einen elektrischen Strom senden, so zeigt sich, dafs die Elektrizität keineswegs ausschliefslich auf dem nächsten, also gradlinigen Wege von der einen Platte zur anderen strömt, sondern sie benutzt, freilich in geringerem Grade auch alle anderen möglichen Wege, welche in grofsen Kurven über den See hinwegführen. Dieser Weg wird nun noch komplizierter, sobald man in zwei Punkten des Sees vom Vorder- und Hinterteil eines Schiffes oder von zwei einzelnen Booten aus wiederum Metallplatten ins Wasser versenkt und dieselben durch einen Draht verbindet; in diesen letzteren wird ein stromanzeigendes Instrument, etwa ein Telephon N eingeschaltet. Der Strom geht dann

[1]) Die Methode hat nichts mit dem in der Telegraphie üblichen Verfahren zu schaffen, bei dem man als Leitung einen Draht, als Rückleitung das Wasser eines Sees oder das feuchte Erdreich benutzt, so dafs also Wasser bezw. Erde nur den Ausgleich der Spannungsunterschiede zu vermitteln haben, welche durch die Drahtleitung hervorgebracht worden sind. In der obigen Methode werden solche Spannungsunterschiede absichtlich hervorgerufen und benutzt.

von der einen Uferplatte aus nach der zunächstliegenden Platte im See, dann durch Telephon und Draht nach der zweiten Platte im See und endlich nach dem Ufer zurück. Man hat nur noch zu beachten, daſs sich das Vorhandensein von Strömen in dem Telephon nur dann verrät, wenn es sich um einen unterbrochenen Strom handelt, und man muſs demnach in die Leitung noch einen Unterbrecher S U einschalten. W ist ein Widerstand zur Regulierung des Stromes, A A und V M sind Strom- bezw. Spannungsmesser. Der unterbrochene Strom bringt im Telephon ein Summen hervor, und der Taster T ge-

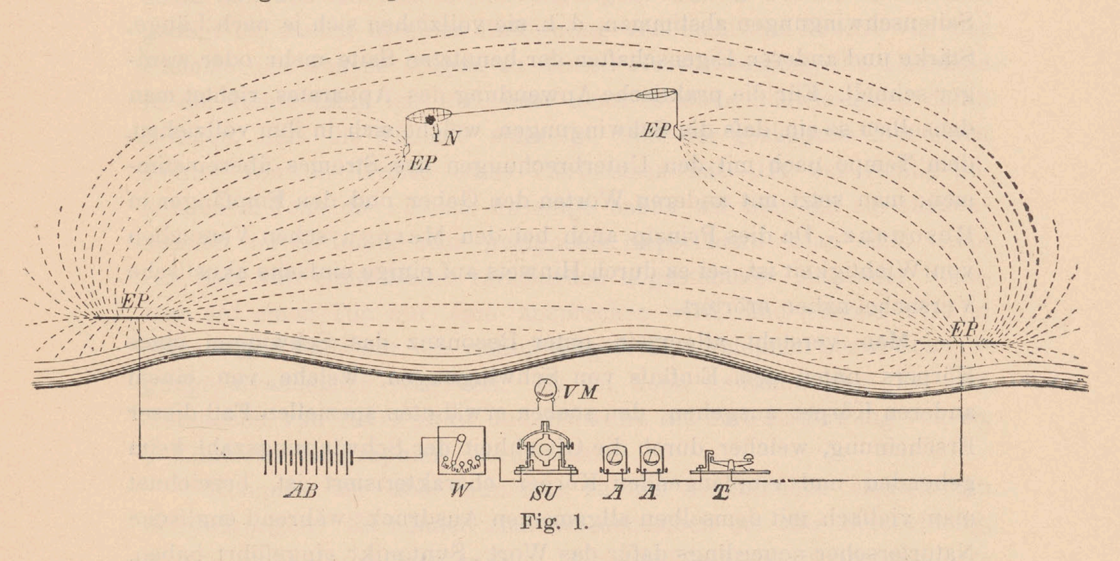


Fig. 1.

stattet, dieses Summen kürzere oder längere Zeit andauern zu lassen und so die Punkte und Striche des bekannten Morsealphabetes zum Ausdruck zu bringen.

Für die im groſsen angestellten Versuche ist an den Apparaten naturgemäſs noch einiges geändert worden. So sei nur erwähnt, daſs Rubens statt des gewöhnlichen Telephons das von Dr. Wien erfundene optische Telephon und weiterhin ein von ihm selbst angegebenes Instrument, das Schwingungsgalvanometer, benutzt hat. Bei dem ersteren Apparate sitzt auf der Schallplatte des Telephons ein kleines Spiegelchen, und es nimmt in bekannter Weise ein Lichtstrahl, welcher auf diesen Spiegel fällt, an den Bewegungen desselben teil. Bei dem Schwingungsgalvanometer ist die Schallplatte ganz weggefallen und an ihre Stelle ein, an einer Saite befestigtes und ebenfalls mit einem Spiegel versehenes Eisenstückchen getreten. Naturgemäſs braucht die letztere Vorrichtung nur einen weit schwächeren Strom,

um eine gewisse Drehung des Spiegels zu zeigen. Man gewinnt auf diese Weise aber noch einen weiteren Vorteil. Ebenso wie die Platte eines Telephons, beginnt auch die mit dem Eisenstückchen versehene Saite unter dem Einflusse der einzelnen Stromimpulse zu schwingen; jedoch entstehen bei der besonderen Anordnung der einzelnen Teile des Instrumentes nicht die gewöhnlichen Querschwingungen von Saiten sondern Torsionsschwingungen; gerade hierdurch wird auch erreicht, dafs sich der Spiegel hin und her bewegt.

Diese Schwingungen lassen sich ebenso wie die gewöhnlichen Saitenschwingungen abstimmen, d. h. sie vollziehen sich je nach Länge, Stärke und anderen Eigenschaften der benutzten Saite mehr oder weniger schnell. Für die praktische Anwendung des Apparates richtet man denselben so ein, dafs die Schwingungen, welche sich in ihm vollziehen, dem Tempo nach mit den Unterbrechungen des Stromes übereinstimmen; man setzt mit anderen Worten den Geber und den Empfänger in Resonanz. Da dies Prinzip auch bei den Marconischen Versuchen von Wichtigkeit ist, sei es durch Hinweis auf einige einfache akustische Versuche näher erörtert.

Man versteht allgemein unter Resonanz das Schwingen eines Körpers unter dem Einflufs von Schwingungen, welche von einem anderen Körper ausgehen; den soeben erwähnten speziellen Fall dieser Erscheinung, welcher durch die Gleichheit der Schwingungszahl beim gebenden und empfangenden Körper charakterisiert ist, bezeichnet man vielfach mit demselben allgemeinen Ausdruck, während englische Naturforscher neuerdings dafür das Wort „Syntonik“ eingeführt haben. Der einfachste Versuch läfst sich mit zwei Stimmgabeln anstellen, welche genau auf denselben Ton abgestimmt sind. Bringt man die eine zum Tönen, so klingt die andere mit, selbst wenn sie in einer Entfernung von mehreren Metern aufgestellt ist. Stimmt man die eine der beiden Gabeln durch Beschweren mit einem Gewicht auf einen etwas tieferen Ton, so bleibt die Wirkung aus. Offenbar versetzen die Schallschwingungen der ersten Stimmgabel die zweite zunächst nur in sehr kleine Bewegungen, und nur wenn immer weitere in richtigem Tempo ankommende Schwingungen diese Wirkung unterstützen, kommen schliefslich wahrnehmbare Schwingungen zu stande. In dem Falle der Nichtübereinstimmung bleibt es bei vereinzelten Anstöfsen, da spätere Impulse nicht im günstigen Moment einzutreffen vermögen.

Ein sehr auffallender Versuch über denselben Gegenstand läfst sich mit Hilfe einer singenden Flamme anstellen. Eine kleine Gas-

flamme, welche im Innern einer Glasröhre brennt, vermag die in dieser enthaltene Luftsäule in Schwingungen zu versetzen; diese letzteren haben dann ein regelmäſsiges Länger- und Kürzerwerden der Flamme zur Folge; hieraus resultiert wiederum ein regelmäſsiges Wechseln in der Erwärmung der im Rohr enthaltenen Luft und damit wiederum Luftschwingungen. Man kann die Verhältnisse so wählen, daſs zunächst alles in Ruhe bleibt, daſs aber dauernde Schwingungen auftreten, sobald nur ein einziges Mal die Luft in der Röhre durch einen äuſseren Einfluſs in Schwingungen versetzt worden ist. Hierzu genügt es, einmal in einer Entfernung von mehreren Metern von der Flamme den Ton zu singen, zu dessen Hervorbringung die Luftsäule in der Röhre fähig ist, und man kann es ohne Schwierigkeit dahin bringen, daſs die Flamme schweigt, falls der gesungene Ton einen Fehler von der Gröſse eines Vierteltones hat. Da bei richtig gesungenem Tone die Flamme fortsingt, haben wir hier ein zur Demonstration der Syntonik sehr geeignetes Experiment. Man sieht leicht ein, daſs von einer Reihe verschieden abgestimmter singender Flammen auf einen Ton nur eine ansprechen wird, und ebenso wird in dem obigen Falle nur ein richtig eingestelltes Telephon bezw. Schwingungsgalvanometer reagieren. Es sei noch erwähnt, daſs bei den Versuchen von Rathenau und Rubens auf eine Entfernung von ca. 5 Kilometer telegraphiert worden ist.

Kommen wir aber nunmehr zu den eigentlichen elektrischen Schwingungen! Es handelt sich bei denselben um eine Erscheinung, welche nicht durch mechanische Unterbrechungs-Vorrichtungen hervorgebracht werden kann, wie die Stromstöſse, welche bei dem ersten Experiment benutzt wurden. Das Tempo dieser elektrischen Schwingungen ist ein viel zu schnelles, als daſs mechanische Vorrichtungen im stande wären, ihm zu folgen; denn um nicht weniger als Millionen, ja bis zu tausend Millionen Schwingungen vollziehen sich in einer Sekunde.

Gewinnen wir zunächst eine äuſsere Vorstellung von der Mechanik des Vorganges. Eine Leydener Flasche (Fig. 2) sei so aufgestellt, daſs die innere metallische Belegung A und die äuſsere B durch einen Draht verbunden sind, welcher bei C eine Unterbrechungsstelle aufweist. Ist die Flasche genügend stark geladen, etwa derartig, daſs die innere Belegung positive, die äuſsere negative Elektrizität aufweist, so wird an der Stelle C ein Funken den Ausgleich dieser beiden Elektrizitäten vermitteln und die Flasche in den unelektrischen Zustand überführen. Man hat sich das aber nicht so

zu denken, dafs die positive Elektrizität von A in einfachem Verlaufe nach B käme, sondern es ist kurze Zeit nach dem Beginn der Entladung die Belegung B positiv geladen, dann wiederum die Belegung A, es zeigen sich also Schwankungen des elektrischen Zustandes, welche den Eindruck hervorrufen, als hätte die Elektrizität ein gewisses Beharrungsvermögen, dem zufolge sie einige Male hin und her pendelt, bevor sie den Ruhezustand erreicht.[2]) Da diese elektrischen Schwingungen zum ersten Male bei Gelegenheit der Hertzschen, dann beim Bekanntwerden der Teslaschen Versuche und nun zum dritten Male bei den Marconischen Versuchen die Aufmerksamkeit weiterer Kreise erwecken, sei an der Hand einiger Experimente dargelegt, welches der eigentliche Grund für ihr Zustandekommen ist.

Ein wirkliches Beharrungsvermögen ist es nicht; denn ein solches besitzt, wie Hertz nachgewiesen hat, die Elektrizität nicht. Vielmehr handelt es sich um die Folgen einer Erscheinung, welche man die Selbstinduktion nennt. Es wird gut sein, zunächst einen dieser letzteren nahestehenden Fall der Induktion überhaupt ins Auge zu fassen.

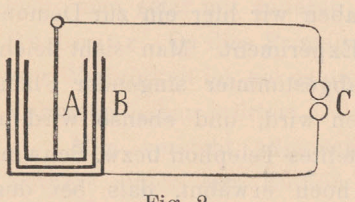


Fig. 2.

Es seien zwei elektrische Leitungen A B und C D (Fig. 3) nebeneinander in sehr geringem Abstande, aber ohne gegenseitige leitende Berührung ausgespannt. Beide Leitungen sind zu einem Stromkreis geschlossen und mit einem stromanzeigenden Instrument G und H versehen, aber nur die eine von ihnen enthält eine Stromquelle E und eine Einschaltvorrichtung F. Wenn wir hier eine Verbindung herstellen, so sehen wir an der Einstellung des Zeigers G, dafs wir in dem Kreise E A B G F E elektrischen Strom haben. Wir bringen nun in der Nähe des Punktes J die beiden Leitungskreise mit einander in solcher Weise[3]) in Berührung, dafs ein Teil (es ist ein sehr kleiner Teil hinreichend, weil das Instrument H empfindlicher ist als G) in die obere Leitung gelangt. Wenn nun H nach derselben Seite ausschlägt wie G, so sind die beiden Instrumente

[2]) Die Erscheinung ist u. a. auch in „Himmel und Erde“, Jahrgang III S. 347, unter Zuhilfenahme anderer Analogien beschrieben.

[3]) Man überzeugt sich leicht davon, dafs der in J zerschnittene Draht in der Weise an zwei einander benachbarte Punkte der unteren Leitung gelegt werden mufs, dafs die abgeschnittenen Enden verkreuzt werden. Es hat dann der Strom C J D dieselbe Richtung wie A B.

übereinstimmend aufgestellt, und wir können nunmehr zu dem eigentlichen Versuche schreiten. Bei demselben wird für eine vollständige Trennung der beiden Stromkreise gesorgt, so daſs der Zeiger des Instrumentes H auf Null zurückkehrt. Unterbricht man nun den Strom des ersten Kreises bei F, so sieht man, daſs sich zwar der Zeiger G zurückbewegt, aber der Zeiger H schlägt nun für einen Augenblick nach derselben Seite aus, nach welcher der Zeiger bei G zeigte. Es ist also infolge dieser eigentümlichen Wirkung, welche wir Induktion nennen, in dem Augenblicke, in welchem der Strom in A B aufhörte, in der benachbarten Leitung C D ein kurze Zeit andauernder Strom von derselben Richtung entstanden, wie sie der ursprüngliche Strom hatte. Dieser sogenannte Öffnungs- (Unterbrechungs)-Strom stellt, wie gesagt, einen der mannigfaltigen Fälle der Induktion überhaupt dar. Zu dem uns interessierenden Falle der Selbstinduktion kommen wir nun, wenn wir uns denken, daſs C D und A B nicht zwei verschiedene, sondern nur ein einziger Draht seien.

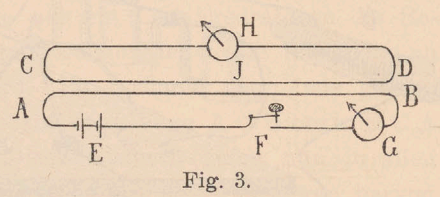


Fig. 3.

Offenbar würden die soeben konstatierten Thatsachen jetzt auf folgenden Satz führen: Wenn in einem Drahte ein elektrischer Strom aufhört, so tritt vorübergehend eine Kraft auf, welche einen Strom von derselben Richtung durch den Draht zu treiben sucht. Diese „elektromotorische Kraft der Selbstinduktion“ ist eine der Hauptursachen der Funken, welche an der Unterbrechungsstelle eines Stromes aufzutreten pflegen, und dieser Funke, aus gut leitenden glühenden Metalldämpfen bestehend, giebt seinerseits jener Kraft Gelegenheit, wirklich die angestrebte Verlängerung des ursprünglichen Stromes für eine Zeit lang herbeizuführen.

Man nennt den von der Selbstinduktion hervorgerufenen Strom „Extrastrom“, und kann ihn u. a. in folgender Weise demonstrieren. Durch einen Apparat von groſser Selbstinduktion, am besten eine aus einem sehr langen Drahte gewickelte Rolle, welche einen eisernen Kern enthält,[4]) leitet man einen elektrischen Strom und entfernt nun plötzlich die Stromquelle. In diesem Augenblick läſst sich die Drahtrolle selbst als Stromquelle gebrauchen. Setzt man z. B. eine elektrische Glühlampe zwischen die beiden Enden ihres Drahtes, so leuchtet dieselbe für ein paar Sekunden auf, freilich nur dann, wenn man das Aus-

[4]) Verf. benutzt hierzu einen groſsen Elektromagneten von etwa 300 kg Gewicht.

wechseln schnell genug vorgenommen hat. Man kann hierzu eine sogenannte Wippe benutzen, welche gemäſs Fig. 4 gestattet, die Drahtrolle D zuerst mit der Stromquelle Q, dann durch Umlegen des Mittelstückes A B mit der Lampe L zu verbinden. Die Verbindungsstellen S S werden des guten Kontaktes wegen durch Quecksilbernäpfe gebildet.

Wir wollen uns das Experiment nun in folgender Weise modifiziert denken. Eine Rolle sei an den beiden Drahtenden mit je einer groſsen Metallkugel in leitender Verbindung, und von diesen beiden Kugeln sei die eine positiv, die andere negativ elektrisch. Dieser Zustandsunterschied wird durch die Drahtrolle einen Ausgleich an-

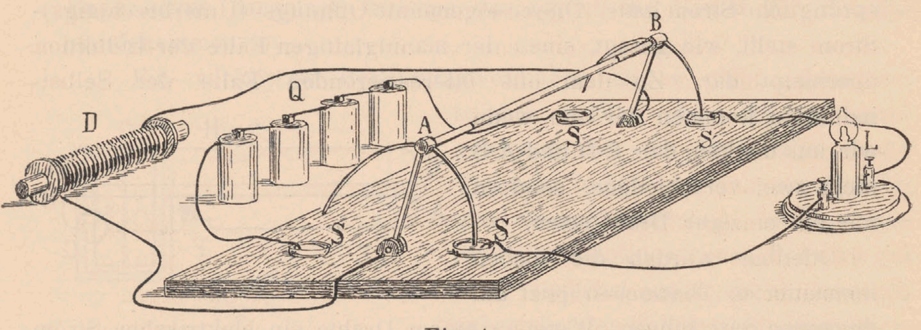


Fig. 4.

streben; es tritt also ein elektrischer Strom auf, welcher die Richtung von der positiven zu der negativen Kugel hat. Sobald der Ausgleich beendigt ist, beide Kugeln also unelektrisch geworden sind, sollte dieser Strom aufhören; aber nunmehr wirkt die Selbstinduktion im Sinne einer Stromverlängerung, und es wird infolge dessen die zweite Kugel eine positive Ladung erhalten, während die erste (ursprünglich positive) nunmehr weniger positive Elektrizität hat, als dem unelektrischen Zustande entsprechen würde, also negativ elektrisch ist. Wir haben also jetzt entgegengesetzte Ladung auf den beiden Kugeln wie zu Anfang. Auch dieser Zustandsunterschied wird wiederum nach einem Ausgleich streben, und wir erhalten wieder einen Strom, wieder eine Verlängerung desselben u. s. w. Das scheinbare Beharrungsvermögen der Elektrizität erklärt sich also durch die Selbstinduktion; sie ist die Ursache der elektrischen Schwingungen. Vergessen wir dabei nicht, daſs eine zweite Voraussetzung für das Zustandekommen der Schwingungen in dem Vorhandensein jener beiden Kugeln oder allgemein ausgedrückt zweier Körper lag, auf welchen elektrische Ladungen Platz greifen könnten. Diese Fähigkeit

eines Körpers, eine elektrische Ladung aufzunehmen, nennt man bekanntlich sein elektrisches Fassungsvermögen, seine Kapazität. Da jeder leitende Körper (nicht leitende kommen hier nicht in Betracht) elektrisch geladen werden kann, und da andererseits in jeder Strombahn mehr oder weniger Selbstinduktion stattfindet, haben wir schliefslich als Voraussetzung elektrischer Schwingungen lediglich das Vorhandensein jener ursprünglichen elektrischen Ladung anzusehen: Bei jeder elektrischen Entladung treten elektrische Schwingungen auf. Kapazität und Selbstinduktion sind immer vorhanden; sie bestimmen, wie wir gleich sehen werden, das Tempo der Oscillationen.

Wir wollen uns in der Leydener Flasche I (Fig. 5) die oben geschilderte elektrische Schwingung wirklich hervorgebracht denken, etwa in der Weise, dafs von einem der bekannten Induktionsapparate oder von einer Elektrisiermaschine aus ein Leitungsdraht an die Belegung A und ein anderer, entgegengesetzte Elektrizität führender an die Belegung B angeschlossen wird. Es springen dann, wie gesagt, bei C Funken über, und es finden auf dem Wege A C B bezw. B C A elektrische Schwingungen statt. Diese letzteren rufen nun in allen benachbarten Leitungsstücken wiederum elektrische Störungen hervor, welche in dieselbe Kategorie gehören, wie die oben erwähnten Induktionserscheinungen, welche aber hier offenbar wiederum den Charakter von hin und her gehenden elektrischen Strömen, von Schwingungen haben müssen. Dieselben werden besonders stark, wenn wir eine Leydener Flasche II von gleicher Gröfse wie I aufstellen und ihre äufsere und innere Belegung durch einen Drahtbügel von genau derselben Beschaffenheit wie bei I mit einander verbinden; die Ebene dieses Drahtbügels ist derjenigen des ersten parallel; die Flaschen stehen nicht, wie dies der Deutlichkeit halber gezeichnet ist, untereinander, sondern die eine vor der anderen in einem Abstande von etwa 1 m. Die Unterbrechung C ist in dem zweiten Bügel nicht vorhanden, da sich nur bei einer geschlossenen Verbindung zwischen der inneren und äufseren Belegung Schwingungen ausbilden und in ihrer Stärke allmählich steigern können. Diese Schwingungen können so stark werden, dafs die innere und äufsere Belegung dieser zweiten Flasche bedeutende elektrische Zustandsunterschiede aufweisen, und wenn wir die innere Belegung durch einen kleinen Staniolstreifen D über den Flaschenrand hinweg mit der äufseren Belegung fast in Verbindung bringen, so treten hier in der Lücke c glänzende kleine Fünkchen auf. Um eine genaue Abstimmung der beiden Stromkreise

zu erreichen, enthält der zweite einen beweglichen Teil a auf den beiden horizontalen Drähten, welcher nach rechts oder links so lange verschoben wird, bis die erwähnten Fünkchen auftreten. Eine solche Verschiebung hat nämlich eine Veränderung der Selbstinduktion zur Folge, als deren Mafs wir die von dem Bügel umschlossene Fläche ansehen können. Dieselbe würde also, wenn die Brücke a nach der Stelle b gebracht wird, beiläufig den doppelten Wert haben. Dies führt uns auf eine interessante Modifikation des in Rede stehenden, von Oliver Lodge ersonnenen Experimentes. Bei der Stellung b bleiben die Funken in c aus. Anstatt durch eine Vergröfserung des Drahtkreises an der Flasche I die Übereinstimmung wieder herzu-

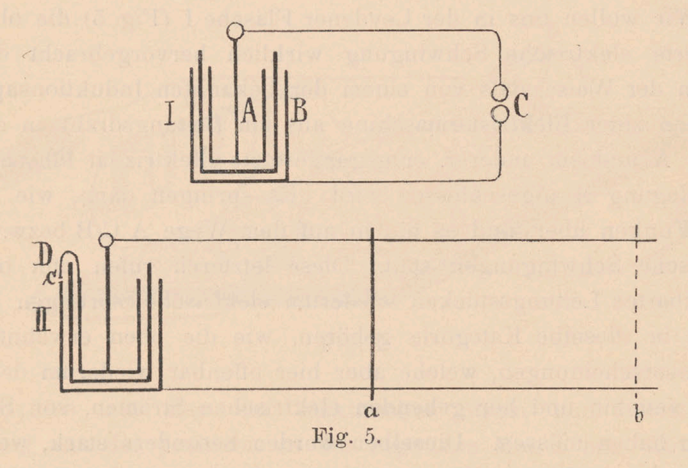


Fig. 5.

stellen, nehmen wir eine doppelt so grofse Flasche oder, was einfacher ist, wir benutzen noch eine zweite der ersteren möglichst gleiche Flasche, d. h. wir verdoppeln die zur Verfügung stehende Kapazität. Dabei treten die Funken bei c wieder auf. Dafs nicht etwa eine einfache Verstärkung der Wirkung durch die zweite Flasche vorliegt, wird ein Zurückführen des Bügels auf die Stelle a beweisen; die Funken verschwinden wieder.

Diese Experimente geben also eine grofse Reihe von wichtigen Aufschlüssen. Sie zeigen uns das Vorhandensein elektrischer Schwingungen in dem System I, die Fortpflanzung derselben und die Übertragung auf das System II, die Bedeutung der Resonanz als eines Mittels, die Aufnahmefähigkeit des System II zu steigern, und endlich die Thatsache, dafs Kapazität und Selbstinduktion für das Ablaufen der Schwingungen gleich wichtige Faktoren sind, in der Weise, dafs eine geringere Gröfse der einen durch einen desto gröfseren Betrag der anderen ausgeglichen werden kann.

Die Ausbreitung der elektrischen Schwingungen bildet bekanntlich den Hauptgegenstand der Hertzschen Untersuchungen. Die von diesem Forscher benutzten Schwingungen unterscheiden sich von den soeben geschilderten vornehmlich durch ihre höhere Schwingungszahl, welche auf sehr geringen Wert von Kapazität und Selbstinduktion zurück zu führen ist. Hertz liefs beispielsweise einfach zwischen ein Paar Metallkugeln elektrische Funken überspringen. Die Schwingungszahl war in einem speziellen Fall 1000 Millionen pro Sekunde, so dafs sich bei einer Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen von 300 000 km pro Sekunde eine Wellenlänge von 30 cm ergab. Marconi benutzt ähnliche Verhältnisse; ein von ihm häufig angewendeter Oscillator besteht aus zwei massiven Metallkugeln von 10 cm Durchmesser.

Als Kriterium für das Vorhandensein elektrischer Störungen am Empfänger sind die Funken, welche auch Hertz häufig in Anwendung brachte, nicht recht zu gebrauchen, sobald es sich um gröfsere Entfernungen handelt. Einen viel empfindlicheren Apparat bildet der von Branly erfundene „Kohärer", welchem Marconi folgende Form giebt. In eine etwa 2 mm weite Glasröhre G (Fig. 6) werden zwei mit je einem Leitungsdraht versehene Silberstückchen eingeführt und einander bis auf einen Abstand von 1 bis $1^1/_2$ mm genähert. Dieser Zwischenraum Z wird mit einem Gemisch aus Feilspähnen von Nickel und Silber locker angefüllt. Eine solche Anhäufung von Metallstückchen, welche einander nur sehr lose und nur auf einer kleinen Fläche berühren, leitet die Elektrizität ziemlich schlecht, so dafs, wenn man ein Element E und ein Galvanometer in dieselbe Leitung einschaltet, das letztere nur einen geringen oder gar keinen Ausschlag giebt. Wird der Kohärer elektrischen Wellen ausgesetzt, so steigt sein Leitungsvermögen ganz bedeutend, und das Galvanometer zeigt einen ziemlich starken Strom. Die Ursache dieser Erscheinung ist zur Zeit noch nicht aufgeklärt. Vielleicht besteht sie lediglich in einer Umlagerung der kleinen Metallteilchen, vielleicht auch treten an einzelnen Punkten unter dem Einflusse winziger Fünkchen Verschmelzungen derselben ein, oder es werden aus demselben Grunde Gasschichten, welche an der Oberfläche der Metallstückchen sitzen, entfernt; jedenfalls bildet diese Steigerung des Leitungsvermögens ein äufserst empfindliches Reagens auf elektrische Wellen. Fast jeder beliebige elektrische Funke, — also nicht etwa nur die starken Entladungen einer Leydener Flasche — vermag einen Kohärer auf einige Meter Entfernung anzuregen.

Erschüttert man die Röhre durch Anklopfen mit dem Finger, so zerfällt das Metallpulver wieder und der Kohärer leitet wie zuvor schlecht.

Dieser Kohärer bildet den wichtigsten Teil jedes Apparates für Telegraphie ohne Draht. Erscheint es einem auf den ersten Blick überraschend, dafs das Fundament eines neuen Anbaus an das stolze Gebäude der Elektrotechnik durch ein paar lockere Metallspähnchen gebildet werden soll, so erinnere man sich daran, dafs unser modernes Fernsprechwesen auf dem Mikrophon, d. h. auf ein paar locker an einander liegenden Kohlenstückchen beruht.

Die grofse Empfindlichkeit solcher Kohärer kommt u. a. bei dem folgenden Experiment zur Anwendung. In seiner berühmten Abhandlung über „die Strahlen elektrischer Kraft" zeigt Heinrich Hertz, dafs die sich ausbreitenden elektrischen Wellen sich ebenso verhalten wie Licht- und Wärmewellen, dafs sie z. B. an ebenen oder gekrümmten Flächen reflektiert und durch Prismen gebrochen werden können. Man kann also diese elektrischen Strahlen mit Hilfe von Hohlspiegeln ebenso nach einem bestimmten Punkte dirigieren, wie Lichtstrahlen, und Hertz hat auf diese Weise ohne Benutzung empfindlicher Hilfsmittel die Fortpflanzung solcher Strahlen bis auf Entfernungen von ca. 100 m nachzuweisen vermocht. Marconi erblickt in diesen Verhältnissen ein zweites Mittel — das erste wäre die Resonanz —, den telegraphischen Signalen auch ohne Draht eine bestimmte Direktion zu geben und sie dadurch zugleich stärker wirken zu lassen. So weit dem Verfasser bekannt, sind beide Hilfsmittel auf gröfseren Entfernungen bisher nicht angewendet worden. Das Material, aus welchem man solche Spiegel anfertigt, ist am besten Metall.

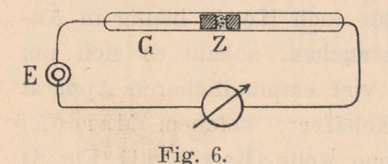
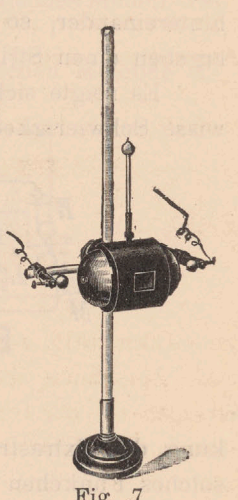


Fig. 6.

Leitende Körper z. B. Metalle erweisen sich für die Hertzschen Strahlen undurchlässig, wie denn ja auch bei allen Induktionsversuchen der Zwischenraum zwischen wirkendem und beeinflufstem Körper nur mit Nichtleitern (z. B. Luft) ausgefüllt ist. Eine eingeschobene leitende Platte würde die Wirkung beeinträchtigen, weil in ihr selbst elektrische Zustandsänderungen eintreten können. Wendet man empfindliche Kohärer an, so läfst sich freilich zeigen, dafs auch Metallplatten für solche Wellen nicht absolut undurchdringlich sind. Setzt man z. B. einen Kohärer, ein Element und eine elektrische Klingel in einen allseitig geschlossenen Kasten aus Zinkblech, dessen Deckel man sogar zulöten kann, so gelingt es doch leicht durch kräftige elektrische Funken, welche in einer Entfernung von etwa einem

Meter von dem Kasten überspringen, den Kohärer zum Ansprechen die Klingel also zum Tönen zu bringen.

Marconi hat das Verdienst, zuerst auf gröfsere Entfernungen Zeichen gegeben und dieselben gleichzeitig schriftlich fixiert zu haben. Er benutzte einen Funkengeber, wie ihn zuerst Righi in Bologna angewendet hat[5] (Fig. 7). In die beiden offenen Seitenflächen eines Hartgummicylinders sind zwei Metallkugeln eingelassen, welche zwischen sich die Funkenstrecke von höchstens 1 cm Länge haben. Der so entstehende Kasten wird mit Hilfe eines kleinen aufgesetzten Röhrchens mit Öl gefüllt. Diese beiden Kugeln sind nicht unmittelbar mit Drähten für die Zuführung der Elektrizität versehen, sondern es befinden sich rechts und links neben ihnen zwei kleinere Kugeln, von denen aus die Elektrizität in Form von Funken übergeht. Man erreicht durch das Öl, dafs erst eine ziemlich hohe Spannung der Elektrizität erreicht sein mufs, bevor ein Funken überspringt; die dann entstehenden Schwingungen beschränken sich aber auf die Hauptkugeln, und es nimmt an ihnen kein unkontrolierbares Stück der Zuführungsdrähte Anteil, da diese ja garnicht angeschlossen sind. Dieser Sender wird, wie dies in der Fig. 8 bei A dargestellt ist, mit einem Induktorium J verbunden, welches durch den Taster T in Betrieb gesetzt werden kann. Die elektrischen Wellen, welche bei dem Überspringen der Funken zwischen den Kugeln k k entstehen, pflanzen sich fort und treffen auf der Empfangsstation den Kohärer C. Der durch diesen ausgelöste Batteriestrom bethätigt ein sogenanntes Relais R., einen Apparat, der selbst nur eines schwachen Stromes bedarf, aber nun seinerseits benutzt wird, um eine zweite Batterie einzuschalten. Es versteht sich überhaupt von selbst, dafs, wenn man erst einmal einen, wenn auch schwachen Strom auf der Station E ausgelöst hat, es nicht schwer fällt, weiterhin Wirkungen von beliebiger Stärke und Mannigfaltigkeit auftreten zu lassen. So kann man u. a. einen der bekannten Morseapparate M in Betrieb setzen. Eine genauere Betrachtung der einzelnen Leitungen soll an einem anderen Schaltungssystem erfolgen. Der Kohärer würde nun dauernd gut leiten und das Relais


Fig. .7

[5]) Diese und die folgenden Apparatenzeichnungen betreffen einen Apparat der von Herrn F. Ernecke in Berlin zu Demonstrationszwecken gebaut worden ist.

ebenso wie der Telegraphenapparat würden sich dauernd bethätigen, bis der Kohärer wieder erschüttert wird. Dazu benutzt Marconi eine automatische Vorrichtung L, welche ebenfalls durch das Relais eingeschaltet wird und einem elektrischen Läutewerk durchaus entspricht; anstatt wie sonst gegen eine Glocke, schlägt hier der Klöppel gegen ein Brettchen, auf welchem der Kohärer befestigt ist. Sobald auf diese Weise der Kohärer erschüttert ist, werden Relais, Telegraphenapparat und dieses Rasselwerk wieder aufser Thätigkeit kommen. Inzwischen ist auf dem Papierstreifen des Telegraphenapparates ein Punkt entstanden. Giebt der Sender mehrere Funken hintereinander, so reihen sich mehrere Punkte dicht aneinander und ergeben einen Strich.

Es zeigte sich bei diesem Marconischen System noch eine gewisse Schwierigkeit, welche ihren Grund in den oben als eine Wir-

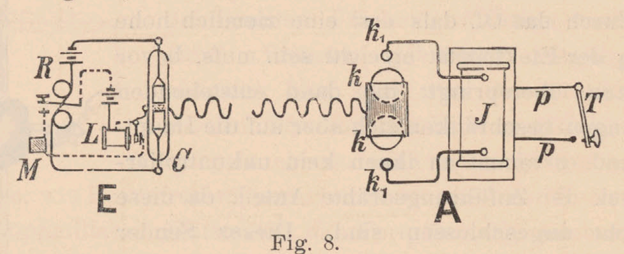


Fig. 8.

kung des Extrastroms dargestellten Unterbrechungsfunken hat. Ein solches Fünkchen tritt in dem Relais auf in dem Augenblicke, in welchem dasselbe beim Zusammenfallen des Kohärerpulvers den Strom des Morseapparates und der Klingel unterbricht. Diese Fünkchen senden ebenfalls schwache elektrische Wellen aus, welche an den Drähten entlang laufend den soeben zerfallenen Kohärer wieder in Thätigkeit setzen. Der Apparat wird also dauernd arbeiten. Marconi hat zur Vermeidung dieses Übelstandes Vorkehrungen getroffen, welche dem entstehenden Extrastrom einen unschädlichen Verlauf zuweisen, sodafs jene Fünkchen nicht auftreten. Der Verfasser hat denselben Zweck durch eine einfachere Anordnung erreicht, nämlich durch Anwendung der sogenannten Ruhestromschaltung. Eine genauere Darstellung des Leitungsverlaufes der Seite E der Fig. 8 unter Berücksichtigung dieser Modifikation findet sich in Fig. 9.[6]) Man ersieht aus

[6]) Der Kohärer C bethätigt mit Hilfe der Batterie E den Elektromagneten des Relais R. Dieser zieht seinen Anker an, sodafs der durch M und den Magneten in L fliefsende Strom unterbrochen wird; der Apparat M ist so eingerichtet, dafs der von dem stromlosen Elektromagneten losgelassene Anker den Schreibstift gegen den Papierstreifen drückt. Der Elektromagnet des Läute-

derselben, dafs die Ströme im Telegraphenapparat u. s. w. gewöhnlich geschlossen sind, also beim Beginn der Thätigkeit des Kohärers unterbrochen werden; die durch das Auftreten des Fünkchens erzeugten Wellen sind in diesem Augenblick unschädlich; wenn der Kohärer zerfällt, wird der Morseapparat wieder eingeschaltet; hierbei treten aber keine Funken auf. Die Fig. 10 giebt eine Totalansicht des Empfängers. Auf der rechten Seite befindet sich das Rasselwerk, auf welchem der Kohärer liegt, nach links folgt die zum Kohärer gehörige Batterie, welche das wieder weiter links stehende Relais speist, und auf dem senkrechten Brett befindet sich ein einfaches Modell des Morseapparates.

Die Resultate, welche sich mit der Marconischen Methode er-

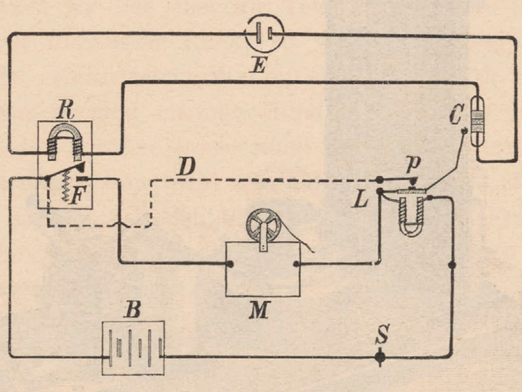


Fig. 9.

reichen lassen, gehen weit über das hinaus, was man mit anderen Methoden, ohne Draht zu telegraphieren, bis jetzt erreicht hat. Nicht nur, dafs man, wie dies bei Demonstrationen zu geschehen pflegt, durch mehrere dicke Mauern hindurch telegraphieren kann, sondern ein Kohärer spricht auch noch bei sehr grofsen Entfernungen des Gebers an, vornehmlich auch dann, wenn man diesen letzteren in der Weise modifiziert, dafs man die Wellen nicht einfach zwischen zwei Kugeln übergehen läfst, sondern die eine derselben mit der Erde, die andere mit einer recht hoch über dem Erdboden aufgestellten Kapazität verbindet. Derartige Versuche sind u. a. mit Hilfe von Fesselballons, an deren Gondel ein bis nahe zur Erde reichender Draht be-

---

werkes läfst seinen Anker ebenfalls los, dieser schnellt an den durch die Leitung D gespeisten Kontakt p und rasselt nun in der gewöhnlichen Weise weiter, bis der Kohärer zerfällt und infolgedessen die Feder F den Hauptstrom wieder einschaltet. Es ist noch eine Reihe anderer Schaltungen unter Benutzung des Ruhestromprinzipes möglich.

festigt war, ausgeführt worden. Läſst man zwischen diesem Draht einerseits und der Erde andererseits die elektrischen Funken überspringen, so sendet der Draht elektrische Wellen aus. Der Kohärer bekommt eine entsprechende Einrichtung, und es ist auf diese Weise Herrn Prof. Slaby gelungen, auf eine Entfernung von 21 km (von Schöneberg bei Berlin nach Rangsdorf bei Zossen) zu telegraphieren. Demselben Forscher verdanken wir noch eine andere eigenartige

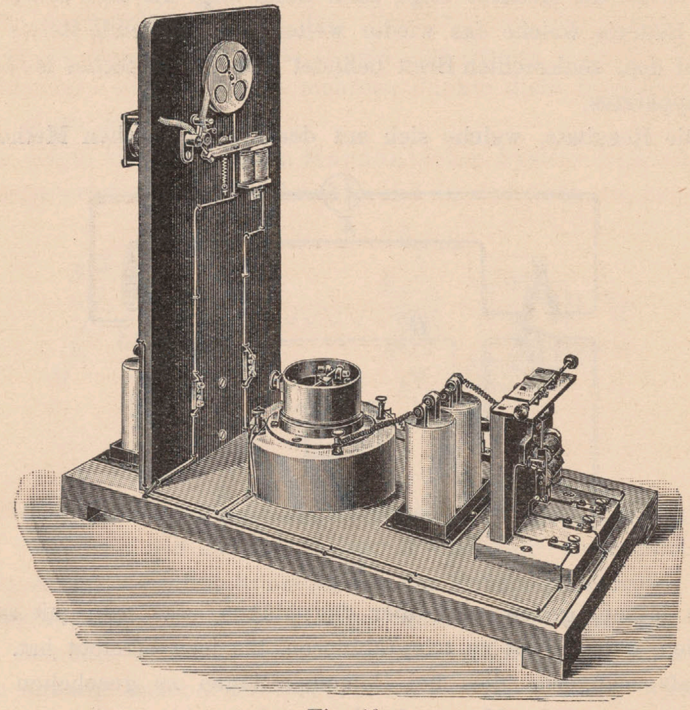


Fig. 10.

Methode, welche er zum Unterschiede von der Telegraphie ohne Draht „Funkentelegraphie“ nennt, weil es sich hier zwar um ein Telegraphieren mit Hilfe elektrischer Funken handelt, andererseits aber auch ein Draht benutzt wird. Ein Draht, welcher in der Nähe einer Quelle elektrischer Wellen verläuft, vermag dieselben sozusagen aufzufangen und dann weiter zu leiten; ein in der Nähe des anderen Endes befindlicher Kohärer spricht folglich an, und man kann auf diese Weise telegraphieren. Es läge hierin kein besonderer Vorteil gegenüber der gewöhnlichen Telegraphie mit Hilfe der Drähte. Das eigentümliche ist aber, daſs man diese letztere gleichzeitig vor sich gehen lassen kann. Schnell wechselnde elektrische Ströme — und als

solche hat man die elektrischen Wellen in Drähten anzusehen — dringen in das Innere eines Leitungsstückes nicht ein, sondern gleiten an dessen Oberfläche in einer äusserst dünnen Schicht fort. Gleichzeitig gehen nun bei den obigen Experimenten durch das Innere des Drahtes die gewöhnlichen elektrischen Ströme, mittelst deren man eine zweite Depesche zu übermitteln vermag.[7]) Würde man ein Sprachrohr an seinem Anfang mit zwei Sprechansätzen versehen, von denen man den einen durch ein Membran verschlösse, so könnte man diesen letzteren noch zur Übermittelung von Schallwellen benutzen, gleichzeitig aber durch den anderen Ansatz einen Luftstrom nach demselben Ziele befördern. Offenbar wäre das ein ganz analoges Experiment.

Überschauen wir das über die Telegraphie ohne Draht Gesagte noch einmal mit flüchtigem Blick, so werden wir sagen, dafs diese Anwendung der elektrischen Wellen sich zwar noch recht unfertig ausnimmt; denn es sind manche Hilfsmittel wie die Resonanz und die Reflexion im grofsen noch nicht hinlänglich erprobt worden. Wenn sich trotzdem schon recht ansehnliche Resultate ergeben haben, so kann man daraus den Schlufs ziehen, dafs die Frage nach der technischen Verwertung der durch Hertz gefundenen Energieform nicht wieder verstummen wird.

---

[7]) Für praktische Zwecke kennt man schon seit längerer Zeit einfachere Methoden der Mehrfachtelegraphie. Hier handelt es sich also um ein interessantes physikalisches Experiment.



W. Gronau's Buchdruckerei, Schöneberg-Berlin.

13. **Das Ende des Zeitalters der Alchemie und der Beginn der iatrochemischen Periode.** Von **Dr. W. Luzi.** Mit Illustrationen. Preis 60 Pf.

14. **Ueber Gesetze und Aufgaben der Naturwissenschaften.** Von **Prof. Dr. P. Volkmann.** 23 Seiten. Preis 60 Pf.

15. **Die Methoden der unterirdischen Orientierung und ihre Entwicklung seit 2000 Jahren.** Von **Prof. Dr. Max Schmidt.** Mit Illustrationen. 25 Seiten. Preis 60 Pf.

16. **Die Meteorologie als Physik der Atmosphäre.** Von **Prof. Dr. Wilhelm von Bezold.** 19 Seiten. Preis 50 Pf.

17. **Parallelen.** Betrachtungen über die einheitlichen Züge im Naturgeschehen. Von **Dr. M. Wilhelm Meyer.** 16 Seiten. Preis 50 Pf.

18. **Eine Amerikafahrt 1492 und 1892.** Dargestellt im wissenschaftlichen Theater der Urania. Von **Dr. M. Wilhelm Meyer.** Mit Illustrationen. 61 Seiten. Preis 80 Pf.

19. **Die Astronomie des Unsichtbaren.** Von **Dr. J. Scheiner.** 33 Seiten. Preis 60 Pf.

20. **Ueber den Diamant.** Von **Dr. W. Luzi.** 28 Seiten. Preis 60 Pf.

21 **Die Entstehung der Welt nach den Ansichten von Kant bis auf die Gegenwart.** Von **F. K. Ginzel.** Mit Illustrationen. 80 Seiten. Preis 1 Mk. 20 Pf.

22. **Galileo Galilei.** Von **Prof. Dr. von Braunmühl.** 25 Seiten. Preis 60 Pf.

23. **Die physische Beschaffenheit des Planeten Mars und die Frage seiner Bewohnbarkeit** nach dem Zeugnifs seiner hervorragendsten Beobachter. Von **Dr. M. Wilhelm Meyer.** Mit Illustrationen. 56 Seiten. Preis 1 Mk.

24. **Ueber die Kraft des elektrischen Stromes.** Populärer Experimentalvortrag. Von **Dr. P. Spies.** Mit Illustrationen. 26 Seiten. Preis 60 Pf.

25. **Ueber Wolkenbildung.** Von **Prof. Dr. Wilhelm von Bezold.** Mit Illustrationen. 24 Seiten. Preis 60 Pf.

26. **Ueber die Bedeutung des Studiums der Bodentemperaturen.** Ein Beispiel wissenschaftlicher Methodik. Von **Prof. Dr. P. Volkmann.** 23 Seiten. Preis 60 Pf.

27. **Wirken und Schaffen der Pflanzenwelt.** Gemeinverständlicher Vortrag über die wichtigsten Lebensvorgänge in der Pflanze. Von **Prof. Dr. Carl Müller.** Mit Illustrationen. 48 Seiten. Preis 80 Pf.

28. **Ebbe und Fluth im Luftmeer der Erde.** Von **Prof. Dr. J. Hann.** 40 Seiten. Preis 80 Pf.

29. **Die Nordsee-Insel Helgoland.** Von **Dr. P. Schwahn.** Mit Illustrationen. 30 Seiten. Preis 60 Pf.

30. **Das Wunderland der neuen Welt.** Reisebetrachtungen über die Entstehung eines Erdteils. Von **Dr. M. Wilhelm Meyer.** Mit Illustrationen. 52 Seiten. Preis 1 Mk

31. **Die Vorarbeiten für den Bau der Gotthardbahn.** Absteckung und Durchschlag des Gotthard-Tunnels. Von **Prof. Dr. C. Koppe.** Mit Illustrationen. 53 Seiten. Preis 1 Mk.

32. **Die populär-wissenschaftliche Litteratur und die Weltenschöpfer.** Von **Dr. M. Wilhelm Meyer.** 20 Seiten. Preis 50 Pf.

33. **Ueber Bergformen.** Von **Prof. Dr. Albrecht Penck.** Mit Illustrationen. 29 Seiten. Preis 80 Pf.

34. **„Teslas Licht der Zukunft."** Populärer Experimentalvortrag über Ströme hoher Wechselzahl und Spannung. Von **Dr. P. Spies.** Mit Illustrationen. 20 Seiten. Preis 50 Pf.

35. **Wie der Zwölfzöller der Urania entstand.** Von **Dr. H. Homann.** Mit Illustrationen. 52 Seiten. Preis 80 Pf.

36. **Wissenschaftliche Ballonfahrten.** Von **Dr. R. Süring.** Mit Illustrationen. 28 Seiten. Preis 60 Pf.

37. **Die Milchstrafse.** Von **Dr. Heinrich Samter.** Mit Illustrationen. 48 Seiten. Preis 1 Mark.

38. **Der Vulkan Kilauea auf Hawaii.** Von **Dr. Benedict Friedlaender.** Mit Illustrationen. 40 Seiten. Preis 80 Pf.

39. **Über Roentgensche Strahlen.** Populärer Experimentalvortrag. Von **Dr. P. Spies.** Mit Illustrationen. 13 Seiten. Preis 80 Pf.

40. **Die interessantesten Alpen- und Bergbahnen vornehmlich der Schweiz.** Von **Prof. Dr. C. Koppe.** Mit Illustrationen. 56 Seiten. Preis 1 Mk. 20 Pf.

41. **Die Bedeutung der Pilze im Haushalte der Natur.** Von **Dr. L. Kny.** Mit Illustrationen. 24 Seiten. Preis 60 Pf.

42. **Die Entwickelung des Hühnchens im Ei.** Von **Prof. Dr. Carl Müller.** Mit Illustrationen. 68 Seiten. Preis 1 Mk. 60 Pf.

43. **Der Murgang des Lammbaches bei Brienz.** Von **Dr. C. Schmidt** in Basel. Mit Illustrationen. 28 Seiten. Preis 80 Pf.

44. **Der Planet Saturn.** Von **G. Witt** in Berlin. Mit Illustrationen. 42 Seiten. Preis 80 Pf.

45. **Über die Wirkungen des Hochgebirges auf den menschlichen Organismus.** Von Prof. **N. Zuntz** und cand. med. **L. Zuntz.** Mit Illustrationen. 28 Seiten. Preis 60 Pf.

46. **Unser norddeutsches Tiefland.** Von **Dr. P. Schwahn.** Mit Illustrationen. 44 Seiten. Preis 1 Mk. 20 Pf.

47. **Der Kampf um den Nordpol.** Von **Dr. M. Wilhelm Meyer.** Mit Illustrationen. 46 Seiten. Preis 1 Mk. 20 Pf.

48. **Flüssige Luft und tiefe Temperaturen.** Von **Dr. Paul Spies.** 18. Seiten. Preis 60 Pf.

49. **Falbs Theorieen im Lichte der Wissenschaft.** Von **Prof. Willi Ule.** 16 Seiten. Preis 60 Pf.

